Current Issue Review

86-25E

The Chernobyl Accident

Lynne C. Myers

Science and Technology Division

9 October 1986

Reviewed 12 March 1987

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

88-008E/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultations in their own fields of expertise.

© Minister of Supply and Services Canada 1987

Cat. No. YM32-1/86-25-1987E

ISBN 0-660-12566-8

N.B. Any substantive changes in this Review which have been made since the preceding issue are indicated in **bold print.**

CE DOCUMENT EST AUSSI
PUBLIÉ EN FRANÇAIS

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

THE CHERNOBYL ACCIDENT

ISSUE DEFINITION

On 26 April 1986, the town of Chernobyl, located 60 miles north of the Ukrainian capital of Kiev, became the site of the most serious accident ever known to have taken place in a nuclear power reactor. A series of human errors, combined with what some western experts believe to be serious design flaws, resulted in a catastrophic explosion and fire involving the core of the reactor itself. The immediate results of the explosion and fire were the death of two people on the site and a very large release of radioactivity. The unprecedented release of dangerous fission products from the reactor core necessitated the evacuation of tens of thousands of people, and contaminated an as yet undetermined area of rich farmland. The radiation spread across international boundaries, contaminating food and causing much concern over long term health and environmental effects.

This review will provide details of the Soviet nuclear power program, the accident at Chernobyl and the cleanup efforts which have been made to date. In addition, the short and long term health effects of the accident will be discussed, as will its social and economic impacts. Finally, a brief comparison will be made of the Soviet RBMK reactor involved in the Chernobyl disaster and the CANDU reactor.

BACKGROUND AND ANALYSIS

A. The Soviet Nuclear Power Program

Even though the Soviet Union has large reserves of mineral fuels, it has implemented an ambitious nuclear energy program. This was

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

done largely because, while 80% of its mineral fuel resources are found in eastern regions of the country, some 75% of the consumers of power are concentrated in the European (western) part of the USSR. In 1985, the USSR had 51 nuclear power units, with a capacity of 26,099 MWe (megawatts of electricity). These reactors accounted for about 11% of Soviet electrical production. A further 35 units, with a capacity of 34,725 MWe, were under construction in 1985 and the rate of introduction of nuclear power plants was increasing rapidly. In fact, nuclear power plants were being built at a rate two and one-half times the rate of construction of other types of power plants using organic fuels. In the European region, as of this year, virtually all new power plants are nuclear. The USSR's most recent five-year plan (1986-1990), proposes an additional 38 units and calls for nuclear energy to supply 20% of all Soviet electricity needs by 1990.

The Soviet nuclear program uses three types of thermal power reactors: the PWR (WWER in Russian terminology) or pressurized, light-water-moderated and cooled reactor; the LWGR (RBMK in Russian terminology) or the light-water-cooled, graphite-moderated reactor; and the sodium-cooled fast breeder reactor. Of the 51 reactors in operation in 1985, four were fast breeder reactors, 19 were WWERs and 28 were RBMKs.

The four reactors at Chernobyl are of the RBMK type. Like Canada's CANDU system, the RBMK encloses the fuel bundles in individual channels to permit refuelling of the reactor while it is in operation. Graphite is used as a moderator rather than heavy water as in the CANDU system.

There are many other graphite-moderated reactors in use around the world - but most are cooled with helium, air or other gases. Outside the Soviet Union, the only other water-cooled, graphite-moderated reactor in use today is that operated by the U.S. Department of Energy at Hanford, Washington. This reactor, like the RBMK in the USSR, was initially designed to produce plutonium for weapons, but was later modified to supply steam for electricity generation. Also of interest is the fact that, like the RBMK reactor at Chernobyl, the Hanford reactor has no containment structure.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Until the accident at Chernobyl, the RBMK-type reactors were producing over 64% of all nuclear-generated electricity in the USSR. Plans are also underway to introduce a new 1,500 MWe RBMK series by altering the fuel elements to intensify heat transfer within the existing fuel channels.

An RBMK reactor at Ignalina, Lithuania has been operating in this new mode for three years now and in December 1986 a second one also became operational. These two reactors are causing concern in Sweden because of their proximity to that country. A study by the Swedish State Power Board claims that safety margins at these facilities are even narrower than they were at Chernobyl. The alterations made to the reactor make it more difficult to ensure continuous cooling of the core. In the event of an uncontrolled rise in core temperature, seals around the fuel elements could melt, causing massive radioactive leaks. **The Soviet Union, on the other hand, contends that additional safety measures, including extra neutron absorbers and a faster acting shut-down system will ensure the safety of the Ignalina reactors.**

It is important to note that, unlike most reactors in the Western World (including the CANDU), there is no containment structure around any of the RBMK reactors. These structures were probably eliminated for economic reasons, although the Soviets claimed that the inherent safety of the reactor system made them unnecessary. Events at Chernobyl would seem to point out the wisdom of including this important safety feature. Without the presence of a containment structure, the 1979 accident at Three Mile Island in the United States would have had far more serious consequences than it did.

Since the accident at Chernobyl, a number of press reports have dealt with details of the Soviet nuclear program - in particular the warnings about certain features of its reactors which have been issued by Soviet and foreign scientists and engineers over the years. For example, Lord Marshall, Chairman of Britain's Central Electricity Generating Board, noted that after a visit to the Soviet Union in 1975, he had listed a series of flaws in the Soviet RBMK reactors, pointing out that their huge physical size made fluctuations in the chain reaction difficult to control. Soviet nuclear engineers had been told at that time that these

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

reactors were so flawed and unsafe that they could never be built in the West.

Within the Soviet Union, there has been criticism as well, but this related less to design problems than to problems of material quality. The Soviet Union uses a standardized reactor design for its 1,000 megawatt reactors. To economize on production costs, a centralized nuclear power plant "factory" was set up at Volgodonsk. The purpose of this "Atommash" plant was to manufacture all the parts for 1,000 megawatt light-water reactors. The plant was supposed to supply eight complete reactors each year but from the start of construction in 1976 it has been plagued by problems. In July 1983 Pravda printed a long list of serious construction and operation difficulties at the plant. The same article implied that the nuclear components produced at the plant were not of acceptable quality.

With specific reference to the Chernobyl reactor, an article in a Kiev newspaper quoted a highly placed worker at the reactor site as being critical of acute materials shortcomings, shoddy workmanship and low morale.

B. The Accident at Chernobyl

On 25 August 1986 the Soviet Union presented a detailed report on the causes of the Chernobyl disaster at a special meeting of the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Vienna. Ironically, the most serious nuclear reactor accident of all time occurred in the course of a safety test. Apparently workers were trying to determine how long the turbine generators would continue to turn due to inertia in the event of an unplanned reactor shutdown. To carry out this experiment, the workers committed no less than six serious errors - including shutting off all the reactor's automatic safety systems so that they would not interfere with the experiment.

The chain of events started on April 25 when the power level in the reactor was reduced. Because automatic control systems were in place to prevent the reactor's operation at such low levels, the workers

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

shut them off. This removed one of the safety systems designed to prevent the reactor from going out of control. Power levels then dropped too low for the test, and in trying to bring the reactor back up to the required level, technicians committed the second fatal error. Control rods are used to regulate and, as the name implies, control the chain reaction in the reactor. In the RBMK there must be a minimum of 30 control rods inserted in the reactor at all times. Technicians at Chernobyl removed all but six to eight of the rods. To compound the problem, a second safety system, which would have automatically shut down the reactor when the turbines stopped, was also disconnected for the test.

The actual test started at 1:23 a.m. on April 26 when power to the turbine was stopped. Just before this was done, the flow of water to cool the reactor was reduced and safety devices that would shut down the reactor in the event of abnormal steam pressure or water levels were disengaged. This latest manoeuvre caused the reactor to start overheating dangerously, but, because the emergency cooling system had been shut down 12 hours before, there was no relief from the heat buildup. Within seconds, a tremendous power surge caused two explosions which blew the roof off the reactor building and ignited over 30 fires around the plant. The damaged reactor core and the surrounding graphite moderator started burning at temperatures up to 2800°F. The fire burned for 12 days, releasing massive amounts of radiation into the atmosphere.

Exactly how much radioactivity was released into the atmosphere is not yet known, but numerous estimates have been made. One U.S. estimate holds that at least 40 million curies of radioactivity were released; this compares well with the Soviet estimate of 50 million curies noted in their report to the IAEA. This represents about 3.5% of the radioactivity of the core. (By comparison the Three Mile Island accident in the United States released only 15 curies of Iodine-131.) While it is hard to compare this release with that of Hiroshima or Nagasaki, because the fission products involved are different, one radiation physics expert says that, roughly speaking, the Chernobyl accident released an equivalent of 30 to 40 times the radiation of the atomic bombs.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Much of the radiation fell on the plant site and surrounding towns and farms, but some was carried into several neighbouring countries, including Sweden, Poland, Romania, Switzerland, West Germany and Yugoslavia. In these countries, radiation levels temporarily increased severalfold over normal levels. In the town of Chernobyl, 12 miles from the site of the accident, a maximum radiation of 15 millirems/hour was reported. Normal background radiation in most parts of the world is about 0.01 millirems/hour.

C. The Cleanup

The reactor site fires which did not involve the graphite core were extinguished within a few days of the explosion. The extremely hot fire in the graphite core was, however, another matter. No such large graphite fire had been fought before and so there was little or no domestic or international experience on which to draw. Water could not be used for fear its rapid dissociation in the extreme heat would produce more hydrogen and trigger further explosion. On the other hand, it might simply have vapourized and formed radioactive steam, spreading still more radioactivity. Instead, a series of materials - each designed to deal with some particular aspect of the fire - was used. Layers of boron carbide were dumped by helicopter onto the fire to reduce the chances of a renewed chain reaction. In addition, dolomite was dumped on the fire to act as a heat sink and as a source of carbon dioxide to smother the fire. Metallic lead was used to stop radioactive emissions and layers of sand and clay were added in the hope that they would absorb radioactive particles. This latter addition was later found to have been counter-productive as the thermal insulation provided by the sand and clay may have contributed to a rise in the core temperature a week after the accident. This in turn led to an unexpected increase in the release of radioactivity. Nonetheless, by 9 May the graphite fire had been extinguished with the help of some 4,000 tons of sand, clay, boron and dolomite.

Work now started on construction of a massive reinforced concrete slab with an embedded cooling system (heat exchanger) underneath

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

the damaged reactor. Despite some problems with the supply of concrete, the slab was reported to have been completed ahead of schedule at the end of June. This slab is intended to act as a barrier to groundwater contamination. Eventually the entire damaged reactor core will be entombed in concrete with a cooling system to prevent a future criticality of the fissionable material. This step is reportedly being hampered by a shortage of concrete in the Soviet Union.

In another project at the site, dikes are being constructed to block the flow of any contaminated streams of rainwater from reaching the Pripyat River. This will be especially important in the fall rainy season. Until these dikes are completed, Soviet officials are taking no chances and to prevent rainfall on the reactor site, threatening clouds are being dispersed with chemicals dropped from large aircraft. One further precaution has been taken; a new water supply for the city of Kiev has been established.

Recent reports from the Soviet Union mention strikes by Estonian soldiers forced to wash down buildings and dig up contaminated top soil near the accident site. Another report notes synthetic liquid rubber is being sprayed over contaminated areas near the reactor site. On contact with air, this liquid quickly sets and keeps the radioactive material in place. Other areas of the plant which are covered with radioactive dust are being sprayed with another type of film which, when hardened, can be rolled up and disposed of - contamination and all.

D. The Impact

1. Health Effects

The immediate health effects of the Chernobyl accident are not difficult to assess. So far 31 people have died as a result of the explosion and subsequent release of radioactivity. An estimated 203-205 more people are also suffering from acute radiation sickness including 22 with fourth-degree (very high) exposure; most of these will probably die. In fact, many medical experts say that the number of deaths from acute

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Much of the radiation fell on the plant site and surrounding towns and farms, but some was carried into several neighbouring countries, including Sweden, Poland, Romania, Switzerland, West Germany and Yugoslavia. In these countries, radiation levels temporarily increased severalfold over normal levels. In the town of Chernobyl, 12 miles from the site of the accident, a maximum radiation of 15 millirems/hour was reported. Normal background radiation in most parts of the world is about 0.01 millirems/hour.

C. The Cleanup

The reactor site fires which did not involve the graphite core were extinguished within a few days of the explosion. The extremely hot fire in the graphite core was, however, another matter. No such large graphite fire had been fought before and so there was little or no domestic or international experience on which to draw. Water could not be used for fear its rapid dissociation in the extreme heat would produce more hydrogen and trigger further explosion. On the other hand, it might simply have vapourized and formed radioactive steam, spreading still more radioactivity. Instead, a series of materials - each designed to deal with some particular aspect of the fire - was used. Layers of boron carbide were dumped by helicopter onto the fire to reduce the chances of a renewed chain reaction. In addition, dolomite was dumped on the fire to act as a heat sink and as a source of carbon dioxide to smother the fire. Metallic lead was used to stop radioactive emissions and layers of sand and clay were added in the hope that they would absorb radioactive particles. This latter addition was later found to have been counter-productive as the thermal insulation provided by the sand and clay may have contributed to a rise in the core temperature a week after the accident. This in turn led to an unexpected increase in the release of radioactivity. Nonetheless, by 9 May the graphite fire had been extinguished with the help of some 4,000 tons of sand, clay, boron and dolomite.

Work now started on construction of a massive reinforced concrete slab with an embedded cooling system (heat exchanger) underneath

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

the damaged reactor. Despite some problems with the supply of concrete, the slab was reported to have been completed ahead of schedule at the end of June. This slab is intended to act as a barrier to groundwater contamination. Eventually the entire damaged reactor core will be entombed in concrete with a cooling system to prevent a future criticality of the fissionable material. This step is reportedly being hampered by a shortage of concrete in the Soviet Union.

In another project at the site, dikes are being constructed to block the flow of any contaminated streams of rainwater from reaching the Pripyat River. This will be especially important in the fall rainy season. Until these dikes are completed, Soviet officials are taking no chances and to prevent rainfall on the reactor site, threatening clouds are being dispersed with chemicals dropped from large aircraft. One further precaution has been taken; a new water supply for the city of Kiev has been established.

Recent reports from the Soviet Union mention strikes by Estonian soldiers forced to wash down buildings and dig up contaminated top soil near the accident site. Another report notes synthetic liquid rubber is being sprayed over contaminated areas near the reactor site. On contact with air, this liquid quickly sets and keeps the radioactive material in place. Other areas of the plant which are covered with radioactive dust are being sprayed with another type of film which, when hardened, can be rolled up and disposed of - contamination and all.

D. The Impact

1. Health Effects

The immediate health effects of the Chernobyl accident are not difficult to assess. So far 31 people have died as a result of the explosion and subsequent release of radioactivity. An estimated 203-205 more people are also suffering from acute radiation sickness including 22 with fourth-degree (very high) exposure; most of these will probably die. In fact, many medical experts say that the number of deaths from acute

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

radiation sickness will probably reach the hundreds within a few months. When one looks at the long-term health effects of Chernobyl the picture becomes much more clouded and there is debate over how many people will be affected.

The main long-term health concern is radiation-induced cancer and, as one expert points out, the long-term health hazards of the tragedy are the greatest unknown. The questions which must be answered in making any reasonable estimate are how much radiation was received by how many people for how long. In short, then, it is the dose of radiation that is the important factor. Radiation dose is measured in units called rems. One rem (for roentgen-equivalent-man) produces the same biological effect as one roentgen of x-rays. The natural background level of radiation varies with altitude and local geology - but is between 26 and 170 mrem (millirems) per year. The damage done by radiation depends on the dose. For example, an exposure to 5,000 rems kills almost immediately, and a dose above 1,000 rems causes death within days. Levels near Chernobyl may well have approached that, since Soviet authorities were still reporting levels of 200 rems/hour in mid-May. Thus a life-threatening dose could be absorbed in just five hours.

A whole-body dose of 400 rems over several days kills half its victims within a month, while the other victims recover. A dose of 150 rems over a week is survivable but many victims will experience the symptoms of radiation sickness, first of which are loss of appetite, nausea and vomiting. These symptoms can disappear the second week after exposure only to be followed by weight loss and lethargy as the gastrointestinal tract becomes unable to digest nutrients. Damage to bone marrow drastically reduces white blood-cell counts and destroys the body's immune system.

The effects of radiation also vary according to the isotope involved. For example, radioactive barium resembles calcium in its atomic structure and so concentrates in the bones. Caesium, which resembles potassium, concentrates in the muscle, while radioactive iodine concentrates in the thyroid.

In trying to assess how many cancers will result from the Chernobyl accident, experts are using the following sort of model:

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> ... for every million people exposed to one rad (a unit of measurement similar to the rem) beyond background radiation, there will be one or two cases of leukemia added to the "natural" annual level of 60 cases per million people. Leukemias will start showing up in 2 years and peak in 10 to 15 years. Similarly, each extra rad that 1 million people are exposed to will trigger 5 extra cases of thyroid cancer within 10 years, compared with a normal 40; 7 extra cases of lung cancer, compared with 700; 6 to 10 additional cases of breast cancer compared to 750 expected otherwise.(1)

This estimate is not the only one in use, of course, and there is often wide disagreement among scientists - especially about the effects of very low levels of radiation. Nonetheless, this is an example of a process by which estimates of Chernobyl's long term effects are being calculated. Once the Soviet Union released its report to the IAEA on the technical details of the Chernobyl disaster (including how much radiation was released) it was possible to plug the numbers into the above type of model and come up with some estimates. The most widely reported estimates vary from 2,000 to 6,500. That is to say that experts expect anywhere from 2,000 to 6,500 extra cancer deaths over the next 50 to 70 years as a result of Chernobyl. Other experts expressed the fear that this number could be much higher due to the possible contamination of the food chain by caesium 137 and caesium 134. Caesium lodges in tissue and in muscle and delivers a large dose of radiation to those who absorb it. However, by September 1986 examinations of 1000 members of the exposed population had revealed that 97% of these people had ten times less caesium in their bodies than expected. Such results leave room for optimism that the long-term death rate may be much lower than expected. In addition to the deaths there are expected to be many thousands of non-fatal cancers in the population which was closest to the disaster site.

Radiation levels decrease rapidly with distance from the site and so the 200 million people in Eastern and Central Europe who were briefly exposed to the radioactive cloud from Chernobyl received relatively small extra doses of radiation - about the same as those received by a

---

(1) S. Begley, "The 20th-Century Plague", Newsweek, 12 May 1986, p. 36-37.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

generation exposed to the peak of global fallout from atmospheric testing of nuclear weapons during the early 1960s. If, before the accident, the lifetime risk of cancer was, for example, 20%, it may now be 20.005%.

2. Social and Economic Impacts

The social and economic effects of the Chernobyl disaster will be as far reaching and devastating as the health effects.

First there is the matter of dealing with the 135,000 evacuees who left their homes on two hours' notice, taking nothing but a suitcase with them. Houses, food, clothing, schools - in fact, whole villages - must be built for them, and quickly, with the onset of winter not far off. The cost of the upheaval in human terms will be great. Already many children are having to receive counselling due to the emotional trauma of the accident. Some people evacuated from their homes in southern Byelorussia are being resettled in new villages in the northern part of the region - partly because there is a shortage of workers there but also because officials say that they do not want to risk letting them return to their homes just north of the reactor site.

In economic terms, the accident has also been a disaster for the Soviet Union. In addition to the cost of resettling 135,000 people, it faces the loss of the $1.9 billion plant itself, a cleanup bill in the hundreds of millions of dollars and the loss of 10% of its nuclear generating capacity - which is to be replaced with more expensive electricity from coalfired generating stations. **This potential loss of electrical production is so serious that on 1 October 1986 Units 1 and 2 had already been restarted and Unit 3 at Chernobyl, which shares a control room and generating equipment with the unit destroyed in the accident, will be restarted by mid-1987. Western experts are very concerned about this move, but the shortage of electricity is reportedly so severe that the Soviets feel they have no choice.** On top of these costs comes the cost of changes to all RBMK reactors in the country to improve safety standards. Control rods will be fitted with new stops preventing the last 1.2m from being pulled out of the reactor; fuel enrichment will increase from 2.0 to 2.4%;

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

some systems will be added for flooding reactors with neutronabsorbing liquids or gases for rapid emergency shut-down; and finally, more instrumentation will be installed to allow closer scrutiny of the state of the reactor. All these improvements are to be in place by the end of 1987.

The Soviet Union also faces the loss of agricultural produce and, potentially, of much valuable farmland. One American study puts the total cost of the accident to the Soviet economy at $3.7 to $6 billion (U.S.). The Soviets themselves admit to direct losses of some $3.6 billion (U.S.).

Beyond the borders of the Soviet Union the accident has meant a loss of some $35 million in agricultural exports and $5 million in tourism for Poland. Hungary reports a cost to its economy of some $50 million and several other East European countries report losses in the tens of millions of dollars.

Of the Western European nations in the path of Chernobyl's radioactive cloud, Sweden has suffered the greatest loss - especially in Swedish Lapland. In this area, the reindeer have shown such increased levels of caesium that a five-year ban has been imposed on the slaughter of reindeer for meat. Deprived of their livelihood and food source, Lapps are also being faced with the destruction of their culture. They are being forced to move into towns to apply for government unemployment benefits. Mass graves are being dug for the carcasses of up to 40,000 reindeer slaughtered this fall, some of them containing up to 15,000 becquerels of caesium per kilogram. The acceptable limit in Sweden is 300. **It is estimated that the Chernobyl accident has so far cost Sweden $40 million, and the final cost could reach $200-$300 million.** West Germany's bill is said to be $100 million and rising, while still another estimate puts the loss to all Western European countries at a half-billion dollars.

E. The CANDU Comparison

Since the accident at Chernobyl, a number of comparisons between the RBMK reactor and the CANDU reactor have appeared in print. Nuclear detractors are quick to point out the similarities, while

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

supporters of nuclear power have been just as quick to point out the differences. Both arguments are presented here. Any definitive statement on the relative safety of the CANDU revealed by events at Chernobyl will have to await the completion of more detailed analyses currently underway.

It has been noted that the CANDU is the closest commercial cousin to the RBMK reactor. The key common design feature is the pressure tube. Most commercial power reactors use a single, thick, stainless steel "pressure vessel" to contain the entire core. CANDUs and RBMKs, on the other hand, contain the nuclear reaction within hundreds of 4 millimetre thick "pressure tubes". In both reactors the pressure tubes and fuel sheaths are made of the exotic metal zirconium. These reactors contain five to six times the zirconium of U.S.-style light-water reactors.

Zirconium is a safety concern because of its potential for producing hydrogen under great heat. In the 1979 accident at Three Mile Island it was a hydrogen/steam reaction which resulted in the explosion that damaged the unit. The subsequent build-up of a hydrogen bubble was the greatest concern during the days that followed the initial explosion; a large hydrogen explosion could have destroyed even more of the reactor and possibly breached the containment structure.

A second common feature of the two reactors is the "positive void coefficient". This is a technical term meaning that, if a serious loss of coolant occurred, reactor power, heat and radiation levels would surge upwards - even if the chain reaction in the core was shut down within seconds. Most other commercial nuclear power reactors automatically begin to lose power when coolant is lost. In the CANDU, however, there is an excellent on-line computer control system which constantly monitors conditions in the core. In the RBMK, the instrumentation is far less sophisticated.

Another similarity which has been pointed out is the on-line refuelling ability of CANDU and RBMK reactors. These reactors can be refuelled with uranium without being shut down completely, unlike other reactors around the world. It has also been noted that at Chernobyl the initial explosion brought down the heavy on-line refuelling gantry on top of the reactor, damaging the pipes of the emergency core-cooling system.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

This would not be the case if a similar event occurred in a CANDU reactor because that reactor's pressure vessels are in a horizontal configuration, rather than a vertical one, as in the RBMK; fuelling is done from the front, not the top of the reactor.

Supporters of the CANDU point out that while there are certain similarities between the two types of reactors there are also some crucial differences, the most significant being the absence of graphite in the CANDU reactor. In the CANDU heavy water moderates the chain reaction and, unlike graphite, heavy water is not flammable. At Chernobyl it was the graphite fire which continued to emit highly radioactive fission products into the atmosphere from the core of the reactor for nearly three weeks after the initial explosion. In the CANDU, even if no coolant was available to the fuel (in itself a highly unlikely, though not impossible, event) the moderator would help to remove the excess heat and prevent a core melt. In addition the water in the containment structure would dissolve certain radioactive compounds such as caesium iodide, preventing it from escaping into the air. Both the heavy water moderator and the containment structure are missing in the RBMK design.

This absence of the massive concrete containment structure in the RBMK is another of the crucial differences between the two types of reactor, although detractors of nuclear power argue that massive hydrogen explosions could still breach the containment. In addition to this concrete structure, Ontario Hydro's multi-unit CANDU stations also have a unique vacuum-containment system designed to suck up radioactive gases accidentally released and store them until they become harmless.

Finally, if a CANDU reactor suffered severe core damage, the chain reaction in the fuel would not restart, as it could in the RBMK, because CANDU is fuelled by natural uranium, rather than the slightly enriched uranium that the Soviets use.

The bottom line for nuclear critics is that if all the safety systems in the CANDU failed or were taken out of service by operators, a catastrophic explosion and release of massive amounts of radioactivity could occur. The Pickering nuclear power station, on the doorstep of a city of over two million people, is thus presented as a

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

people is almost impossible to conceive and plans for such an event are not now adequate. In the USSR, the presence of relatively few private cars, which would impede evacuation by clogging roads, and the presence of a central planning authority were responsible for allowing the evacuation of over 130,000 people fairly quickly. What would happen in and around Toronto if there was a major accident at Pickering?

The supporters of nuclear power say that the CANDU system presents a defence in depth, with a large number of redundant safety systems and a well trained operational staff. They feel that it is inconceivable that any operators at CANDU stations would act as those at Chernobyl did and simultaneously shut down all safety and emergency response systems.

CHRONOLOGY

26 April 1986 - An explosion occurred in Unit 4 of the Chernobyl Nuclear Plant in the USSR. The explosion damaged the reactor and started fires in the plant. The graphite core of the reactor began to burn.

27 April 1986 - The first 25,000 people were evacuated from an area within a 10 km radius of the stricken plant.

28 April 1986 - The governments of Sweden, Finland and Denmark reported abnormally high levels of radioactivity in the atmosphere and demanded an explanation from the Soviet Union.

29 April 1986 - The Soviet Union officially acknowledged that an accident had occurred at the Chernobyl site and that two people were dead and 197 others hospitalized.

2-4 May 1986 - A further 100,000 people living within 38 km of Chernobyl were evacuated.

5 May 1986 - Radiation levels within the 38 km zone were found to have dropped from 10-15 millirem/hr. to 2-3 millirem/hr. Normal background radiation would be about 0.01 millirem/hr.

9 May 1986 - The graphite fire in the reactor's core was finally extinguished.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

15 May 1986 - Schools in Kiev closed several weeks early and children were sent away to summer camp.

3 June 1986 - A revised death toll for the accident indicates 23 people had died from radiation, in addition to the two who died in the initial explosion. A further 299 people were suffering from acute radiation sickness and 30 of these were in critical condition.

25 August 1986 - The Soviet Union presented its technical review of the Chernobyl accident at an IAEA conference in Vienna. The cause of the accident was said to have been a series of gross breaches of regulations; lack of control by official agencies; irresponsibility, negligence and indiscipline.

29 August 1986 - The IAEA conference concluded with the presentation of a 13-point list of proposals for the improvement of nuclear safety. An International Safety Advisory Group will study the information presented at the conference and report to the IAEA.

1 October 1986 - Units 1 and 2 at Chernobyl were restarted.

mid-1987 - Soviets hope to restart Unit 3 at Chernobyl, which is just 150 metres from the damaged reactor and shares its control room.

SELECTED REFERENCES

(1) Begley, S., "The 20th Century Plague", Newsweek, 12 May 1986

(2) Donnelly, W., et al., "The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response", Major Issue System, Issue Brief #1B86077, Congressional Research Service, Washington, D.C., 16 September 1986

(3) Rippon, S., et al., "The Chernobyl Accident", Nuclear News, June 1986

(4) USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy, The Accident At The Chernobyl Nuclear Power Plant And Its Consequences, compiled for IAEA Experts Meeting, 25-29 August 1986, Vienna, Part I and II (Library of Parliament, Br. V. TK1362/S65/A35)

(5) Wellborn, S.N., "Lifting the Lid on Chernobyl's Secrets", U.S. News and World Report, 8 September 1986

(6) Wilson, R., "What Really Went Wrong", Nature, Vol. 323, 4 September 1986

86-25F

Bulletin d'actualité

L'accident de Tchernobyl

Lynne C. Myers
Division des science et de la technologie

Le 9 octobre 1986
Revu le 12 mars 1987

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

N° de cat. YM32-1/86-25-1987F

ISBN 0-660-92123-5

N.B. Dans ce bulletin, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractères gras**.

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

TRADUCTION

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

DÉFINITION DU SUJET

Le 26 avril 1986, la ville de Tchernobyl, située à 60 milles au nord de la capitale de l'Ukraine, Kiev, a été le théâtre du pire accident connu jamais survenu dans une centrale nucléaire. Une série d'erreurs humaines, combinée à ce que certains experts occidentaux croient être des vices majeurs de conception, a entraîné une prodigieuse explosion et un violent incendie dans le coeur même du réacteur. L'explosion a tué sur le coup deux techniciens qui se trouvaient sur les lieux et libéré dans l'atmosphère une très grande quantité de matières radioactives. Cette émission sans précédent de produits de fission dangereux provenant du coeur même du réacteur a rendu nécessaire l'évacuation de dizaines de milliers de personnes et contaminé une riche région agricole sur une étendue encore inconnue. Les radiations ont franchi les frontières internationales et contaminé les aliments, et leurs effets à long terme sur la santé et l'environnement suscitent une vive inquiétude.

Le présent bulletin donne un aperçu détaillé du programme électronucléaire soviétique, de l'accident de Tchernobyl et des mesures de décontamination qui ont été prises à ce jour. En outre, il traite des effets à court et à long terme de l'accident sur la santé ainsi que de ses répercussions sociales et économiques. Enfin, il présente une brève comparaison entre le réacteur soviétique de type RBMK employé dans la centrale sinistrée de Tchernobyl et le réacteur CANDU.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

CONTEXTE ET ANALYSE

A. Le programme électronucléaire soviétique

En dépit de ses vastes réserves de combustibles minéraux, l'Union soviétique a entrepris un ambitieux programme de production d'énergie nucléaire. Cette décision est en grande partie attribuable au fait que 80 p. 100 des gisements de combustibles minéraux se trouvent dans la partie orientale du pays, alors qu'environ 75 p. 100 des consommateurs d'énergie sont concentrés dans la région européenne (occidentale). En 1985, l'URSS comptait 51 unités électronucléaires d'une capacité de 26 099 MWe (mégawatts d'électricité), ce qui représentait environ 11 p. 100 de la production d'électricité du pays. La même année, 35 unités supplémentaires d'une capacité globale de 34 725 MWe étaient en construction, et la nucléarisation progressait à une cadence accélérée. En fait, on construisait deux fois et demie plus de réacteurs nucléaires que de centrales d'énergie d'autres types consommant des combustibles organiques. Presque toutes les nouvelles centrales électriques construites cette année dans la région européenne de l'Union soviétique sont nucléaires. Le dernier plan quinquennal (1986-1990) propose la construction de 38 unités supplémentaires et prévoit que l'énergie nucléaire permettra de répondre à 20 p. 100 des besoins du pays en électricité d'ici 1990.

Le programme nucléaire soviétique fait appel à trois types de réacteurs thermiques: le réacteur WWER, modéré et refroidi à l'eau ordinaire sous pression, le réacteur RBMK, modéré au graphite et refroidi à l'eau ordinaire, et le réacteur surgénérateur rapide refroidi au sodium. Parmi les 51 réacteurs en exploitation en 1985, il y avait quatre surgénérateurs rapides, 19 WWER et 28 RBMK.

Les quatre réacteurs de Tchernobyl sont de ce dernier type. Comme le réacteur canadien CANDU, le RBMK fonctionne au moyen de grappes de combustible enfermées dans des canaux individuels, ce qui permet de le recharger en marche. Il est doté d'un modérateur en graphite, alors que le réacteur CANDU est modéré à l'eau lourde.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Il y a beaucoup d'autres réacteurs modérés au graphite dans le monde, mais la plupart sont refroidis à l'hélium, à l'air ou avec d'autres gaz. À l'extérieur de l'Union soviétique, le seul autre réacteur modéré au graphite et refroidi à l'eau en usage aujourd'hui est exploité par le département américain de l'Énergie, à Hanford, dans l'État de Washington. Comme le RBMK russe, ce réacteur a initialement été conçu pour produire du plutonium destiné à l'arsenal nucléaire militaire, mais il a par la suite été modifié pour produire de l'électricité à partir de vapeur. Autre similitude intéressante, le réacteur de Hanford et le RBMK de Tchernobyl n'ont pas d'enceinte de confinement.

Avant l'accident de Tchernobyl, les réacteurs de type RBMK produisaient plus de 64 p. 100 de toute l'électricité de source nucléaire en Union soviétique. On étudie actuellement la possibilité de créer une nouvelle série de RBMK de 1 500 MWe en modifiant les éléments combustibles pour intensifier le transfert de chaleur dans les canaux de chargement existants.

Un RBMK de ce genre est en exploitation à Ignalina, en Lithuanie, depuis trois ans déjà, et en décembre 1986, on en a mis un deuxième en service. Ces deux réacteurs causent des inquiétudes à la Suède en raison de leur situation à proximité de ce pays. D'après une étude de l'Office suédois de l'énergie, les marges de sécurité y sont encore plus minces qu'à Tchernobyl. Les modifications apportées au réacteur rendent plus difficile le refroidissement continu du coeur, dont la surchauffe incontrôlée pourrait faire fondre les joints d'étanchéité qui entourent les éléments combustibles et causer des fuites radioactives massives. **L'Union soviétique soutient par contre que des mesures de sécurité additionnelles, y compris des absorbants de neutrons supplémentaires et un dispositif d'arrêt plus rapide, font des réacteurs d'Ignalina des systèmes sûrs.**

Il est important de noter que contrairement à la plupart des réacteurs des pays occidentaux (y compris le réacteur CANDU), aucun RBMK n'a d'enceinte de confinement. Les Soviétiques ont prétendu que la sûreté intrinsèque du réacteur la rendait inutile, mais ils y ont probablement renoncé par souci d'économie. Les événements de Tchernobyl semblent montrer qu'il aurait été sage d'en prévoir une. Sans enceinte de

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

confinement, l'accident survenu en 1979 à Three Mile Island, aux États-Unis, aurait eu des conséquences beaucoup plus graves.

Depuis l'accident de Tchernobyl, divers journaux ont publié des détails du programme nucléaire soviétique, reprenant surtout les avertissements lancés au cours des années par des scientifiques et des ingénieurs de l'Union soviétique et d'autres pays au sujet de certaines caractéristiques des réacteurs russes. Par exemple, lord Marshall, président du Central Electricity Generating Board de la Grande-Bretagne, a rappelé qu'après une visite en Union soviétique en 1975, il avait noté un grand nombre de points faibles dans les réacteurs RBMK et signalé que leur taille énorme rendait les fluctuations de la réaction en chaîne difficiles à contrôler. À l'époque, les ingénieurs soviétiques avaient été avisés que les réacteurs de ce type avaient tellement de défauts et étaient tellement dangereux qu'on ne pourrait jamais en construire dans un pays occidental.

La critique soviétique a dénoncé moins la conception du réacteur que la qualité de sa réalisation. Tous les réacteurs soviétiques de 1 000 mégawatts sont d'une conception standardisée. Pour réduire ses coûts de production, l'État a construit une usine centralisée de fabrication de réacteurs nucléaires à Volgodonsk. Cette usine ("Atommash") devait fabriquer toutes les pièces des réacteurs de 1 000 mégawatts refroidis à l'eau ordinaire. Elle était censée permettre de construire huit réacteurs chaque année, mais depuis sa mise en chantier, en 1976, elle n'a connu que des déboires. En juillet 1983, la Pravda publiait une longue liste de problèmes graves de construction et d'exploitation à l'usine. Le même article laissait entendre que la qualité des pièces de réacteur nucléaire qu'on y produisait n'était pas acceptable.

Par ailleurs, en ce qui concerne particulièrement le réacteur de Tchernobyl, un article paru dans un journal de Kiev citait un employé haut placé qui déplorait les graves défauts des matériaux, le manque de conscience professionnelle des travailleurs et l'atmosphère pénible qui régnait sur le chantier.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

B. L'accident de Tchernobyl

Lors d'une réunion spéciale de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) tenue à Vienne le 25 août 1986, l'Union soviétique a fait un rapport circonstancié sur les causes du désastre de Tchernobyl. L'ironie du sort a voulu que l'accident, le plus grave jamais survenu dans un réacteur nucléaire, se soit produit au cours d'un essai de sûreté. Apparemment, les techniciens tentaient de déterminer combien de temps les turbines de la génératrice continueraient de tourner, en raison de l'inertie, en cas d'arrêt imprévu du réacteur; en faisant l'expérience, ils ont commis pas moins de six erreurs graves, notamment celle de fermer tous les systèmes de sûreté automatiques du réacteur pour éviter qu'ils ne faussent les résultats.

Les événements ont commencé le 25 avril, lorsqu'on a réduit la puissance du réacteur. Comme des systèmes de contrôle automatiques avaient été prévus pour l'empêcher de fonctionner à un régime aussi bas, les techniciens les ont fermés, neutralisant ainsi l'un des dispositifs conçus pour empêcher le réacteur de devenir incontrôlable. La puissance est alors tombée trop bas pour les besoins de l'expérience, et c'est en essayant de la ramener au niveau requis que les techniciens ont commis la deuxième erreur fatale. Pour régulariser et contrôler la réaction en chaîne dans un réacteur, on se sert de barres de commande. Un réacteur RBMK doit en contenir au moins trente en tout temps, mais les techniciens de Tchernobyl n'en ont laissé que six ou huit. Pour aggraver le problème, ils ont également débranché pour l'expérience un deuxième système de sûreté qui aurait automatiquement fermé le réacteur dès l'arrêt des turbines.

L'essai proprement dit a débuté à 1 h 23 le 26 avril, lorsqu'on a coupé l'alimentation des turbines. Juste avant, on avait réduit l'arrivée de l'eau servant à refroidir le réacteur et débranché les dispositifs de sûreté permettant de l'arrêter en cas d'anomalie de la pression de vapeur ou du niveau d'eau. Cette dernière manoeuvre a causé un dangereux surchauffement du réacteur, mais parce que le système de refroidissement d'urgence avait été fermé douze heures auparavant, on ne pouvait plus empêcher la température de monter. Quelques secondes après, la surintensité excessive provoquait deux explosions qui faisaient voler le

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

toit du bâtiment du réacteur et allumaient plus de trente incendies dans la centrale. Le coeur endommagé du réacteur et le modérateur en graphite qui l'entourait se sont mis à brûler à des températures atteignant 2 800°F. L'incendie a fait rage pendant douze jours, libérant dans l'atmosphère des quantités phénoménales de radiations.

Nous ignorons encore l'ampleur exacte de l'émission radioactive, mais de nombreuses estimations ont été faites. Selon une hypothèse américaine, au moins 40 millions de curies de radioactivité auraient été dégagés, ce qui se rapproche de l'estimation de 50 millions de curies avancée par les Soviétiques dans leur rapport à l'AIEA. Cela représente environ 3,5 p. 100 de la radioactivité du coeur du réacteur. (En comparaison, lors de l'accident de Three Mile Island, seulement 15 curies d'iode 131 ont été dégagés dans l'atmosphère.) Il est difficile de comparer ce rayonnement à celui des bombes d'Hiroshima ou de Nagasaki, parce que les produits de fission nucléaire n'étaient pas les mêmes, mais d'après un expert en physique radiative, le rayonnement à Tchernobyl était, grosso modo, de 30 à 40 fois plus puissant que celui des bombes atomiques de 1945.

La presque totalité des retombées radioactives s'est abattue sur la centrale ainsi que sur les municipalités et les exploitations agricoles des environs, mais les vents en ont poussé une partie vers plusieurs pays voisins, notamment la Suède, la Pologne, la Roumanie, la Suisse, l'Allemagne de l'Ouest et la Yougoslavie. Dans ces pays, les niveaux d'irradiation ont, pendant un certain temps, été de plusieurs fois supérieurs aux niveaux normaux. Dans la ville de Tchernobyl, à 12 milles du lieu de l'accident, on a relevé un niveau d'irradiation maximal de 15 millirems par heure, alors que dans la plupart des régions du monde, le fond naturel de rayonnement est d'environ 0,01 millirem par heure.

C. La décontamination

Les incendies qui n'ont pas touché le coeur en graphite du réacteur ont été maîtrisés dans les quelques jours qui ont suivi l'explosion. Il en a toutefois été autrement du gigantesque incendie provoqué par la combustion du graphite dans le coeur du réacteur. Comme on

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

n'avait jamais été appelé à lutter contre un incendie de ce type qui soit aussi colossal, l'expérience nationale ou internationale sur laquelle on pouvait s'appuyer était limitée, voire inexistante. Il était impossible d'utiliser de l'eau, car en raison de sa dissociation rapide dans une chaleur extrême, celle-ci aurait pu produire davantage d'hydrogène et provoquer une nouvelle explosion. Par ailleurs, elle aurait pu simplement se vaporiser et former une vapeur radioactive encore plus dévastatrice. Au lieu de l'eau, on a donc préféré utiliser différentes substances qui visaient chacune à maîtriser un aspect particulier de l'incendie. Pour réduire les risques d'une nouvelle réaction en chaîne, on a déversé des couches de carbure de bore sur le brasier au moyen d'hélicoptères. On a aussi déversé de la dolomite pour créer une source froide et produire du gaz carbonique afin d'étouffer les flammes. On a eu recours à du plomb métallique pour enrayer les émissions radioactives et l'on a ajouté des couches de sable et d'argile en espérant qu'elles absorberaient les particules radioactives. Toutefois, on a constaté par la suite que ce dernier ajout avait eu l'effet contraire: l'isolation thermique fournie par le sable et l'argile peut avoir contribué à faire monter la température dans le coeur du réacteur une semaine après l'accident, ce qui a entraîné une augmentation inattendue du dégagement de radioactivité. Quoi qu'il en soit, le 9 mai, la combustion du graphite dans le coeur du réacteur était maîtrisée grâce à quelque 4 000 tonnes de sable, d'argile, de bore et de dolomite.

On a alors entrepris, sous le réacteur endommagé, la construction d'une dalle massive de béton armé dans laquelle est encastré un système de refroidissement (échangeur de chaleur). En dépit de certains problèmes d'approvisionnement en béton, il semble que cette dalle, qui devrait empêcher la contamination de la nappe phréatique, ait été terminée à la fin de juin, avant la date prévue. Finalement, pour éviter que les matières fissibles ne puissent, dans l'avenir, se rapprocher de l'état critique, on enfermera tout le coeur du réacteur endommagé dans un massif de protection en béton doté d'un système de refroidissement. Il semble que l'on ne s'y soit pas employé jusqu'à maintenant en raison d'une pénurie de béton en Union soviétique.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

À un autre endroit sur le site, on aménage des digues pour empêcher que les eaux de pluie contaminées ne se déversent dans le fleuve Pripiat. L'importance de ces travaux se fera particulièrement sentir pendant l'automne, saison pluvieuse. D'ici à ce que les digues soient terminées, les autorités soviétiques ne prennent aucun risque et pour éviter qu'il ne pleuve sur le site du réacteur, ils dispersent les nuages menaçants au moyen de produits chimiques largués à partir de gros avions. Ils ont aussi pris une précaution supplémentaire en prévoyant une nouvelle source d'approvisionnement en eau pour la ville de Kiev.

Selon des rapports récents en provenance de l'Union soviétique, des soldats estoniens obligés de nettoyer les édifices et d'enlever la couche de terre arable contaminée près du site de l'accident se seraient mis en grève. D'après un autre rapport, du caoutchouc liquide synthétique serait vaporisé sur des secteurs contaminés à proximité du site du réacteur. Au contact de l'air, ce liquide fige rapidement et maintient en place la matière radioactive. D'autres secteurs de la centrale qui sont couverts de poussière radioactive sont vaporisés au moyen d'un autre type de film qui, une fois durci, peut être enroulé et évacué en lieu sûr, éliminant ainsi la contamination.

D. Les répercussions

1. Les répercussions sur la santé

Il n'est pas difficile d'évaluer les répercussions immédiates de l'accident de Tchernobyl sur la santé. Jusqu'à maintenant, 31 personnes sont mortes à la suite de l'explosion et du dégagement de radioactivité subséquent. On estime que de 203 à 205 autres personnes sont gravement atteintes du mal des rayons, et que 22 d'entre elles ont été soumises à une irradiation au quatrième degré (dose très élevée); la plupart de ces personnes n'y survivront probablement pas. De nombreux spécialistes du domaine médical prévoient d'ailleurs qu'il y aura, au cours des prochains mois, des centaines de décès attribuables au mal des rayons. Si l'on examine les répercussions que l'accident de Tchernobyl aura à long terme sur la santé, le tableau est encore beaucoup plus sombre, et l'on ne s'entend pas sur le nombre de personnes qui seront touchées.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Au chapitre de la santé, les cas de cancer provoqués par une irradiation constituent la principale préoccupation à long terme, mais, comme le souligne un spécialiste, les conséquences lointaines de la catastrophe sont très mal connues. Pour en faire une évaluation raisonnable, il faut déterminer la dose d'irradiation, le nombre de personnes qui y ont été exposées et la durée de cette exposition. Bref, c'est la dose d'irradiation qui est le facteur capital. Elle se mesure en rems. Un rem (de l'anglais "roentgen-equivalent-man") a les mêmes répercussions biologiques que un roentgen de rayons X. Le fond naturel de rayonnement varie selon l'altitude et la géologie locale, mais il se situe entre 26 et 170 mrem (millirems) par année. Les dommages causés par une irradiation dépendent de la dose. Ainsi, une exposition à 5 000 rems tue presque instantanément, alors qu'une exposition à une dose de plus de 1 000 rems entraîne la mort dans les jours qui suivent. Il se pourrait fort bien que les niveaux à proximité de Tchernobyl se soient approchés de ce seuil, puisque les autorités soviétiques signalaient encore des niveaux de 200 rems par heure à la mi-mai. Il aurait donc suffi de cinq heures pour absorber une dose pouvant être mortelle.

La moitié des personnes dont l'organisme entier a été exposé à une dose de 400 rems pendant plusieurs jours meurent dans le mois qui suit, tandis que l'autre moitié s'en tirent. On peut survivre à une exposition à une dose de 150 rems d'une durée d'une semaine, mais bon nombre de personnes ainsi irradiées auront des symptômes du mal des rayons, soit, en premier lieu, une perte d'appétit, des nausées et des vomissements. Ces symptômes peuvent disparaître la deuxième semaine suivant l'exposition; les victimes perdent alors du poids et sont léthargiques, leur système gastro-intestinal ne parvenant plus à digérer les substances nutritives. La moelle osseuse est aussi touchée: le nombre de globules blancs connaît une chute spectaculaire et le système immunitaire de l'organisme s'effondre.

Les répercussions de l'irradiation dépendent aussi de l'isotope qui est en cause. Ainsi, le baryum radioactif, dont la structure atomique ressemble à celle du calcium, se concentre dans les os, tandis que le césium, qui ressemble au potassium, se concentre dans les muscles et l'iode radioactif, dans la thyroïde.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Pour essayer d'évaluer le nombre de cancers qui résulteront de l'accident de Tchernobyl, les spécialistes utilisent un modèle comme celui-ci:

> [...] pour chaque million de personnes exposées à un rad [unité de mesure semblable au rem] de plus que le fond naturel de rayonnement, on constatera un ou deux cas de leucémie de plus que la proportion annuelle normale de 60 cas pour un million de personnes. Les cas de leucémie commenceront à se manifester dans deux ans et atteindront leur apogée dans 10 à 15 ans. De même, pour chaque rad supplémentaire auquel seront exposées un million de personnes, on diagnostiquera 5 cas supplémentaires de cancer de la thyroïde au cours des 10 prochaines années, le nombre normal étant de 40; on constatera aussi 7 cas supplémentaires de cancer du poumon, le nombre habituel étant de 700, ainsi que de 6 à 10 cas supplémentaires de cancer du sein, comparativement aux 750 prévus autrement(1).

Ce modèle n'est évidemment pas le seul qui soit employé, et les scientifiques sont souvent profondément divisés, notamment au sujet des répercussions des très faibles doses d'irradiation. Quoi qu'il en soit, c'est là un exemple des démarches suivies pour évaluer les répercussions à long terme de l'accident de Tchernobyl. Lorsque l'Union soviétique a remis son rapport à l'AIEA au sujet des détails techniques de la catastrophe (y compris la quantité de radioactivité dégagée), on a pu insérer des chiffres dans des modèles comme celui que nous venons de voir et en arriver à certaines évaluations. Les chiffres les plus fréquemment mentionnés varient entre 2 000 et 6 500. En d'autres termes, les spécialistes prévoient qu'il y aura de 2 000 à 6 500 décès supplémentaires attribuables au cancer au cours des 50 à 70 prochaines années par suite de l'accident de Tchernobyl. D'autres spécialistes craignent que le bilan ne soit beaucoup plus élevé, en raison du risque de contamination de la chaîne alimentaire par le césium 137 et le césium 134. Ces isotopes du césium se logent dans les tissus et les muscles, et l'on constate des doses d'irradiation élevées

---

(1) S. Begley, "The 20th Century Plague", Newsweek, 12 mai 1986, p. 36-37 (traduction libre).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

chez ceux qui en absorbent. Toutefois, en septembre 1986, l'examen de 1 000 individus parmi la population exposée a révélé que, chez 97 p. 100 d'entre eux, le taux de césium contenu dans l'organisme était dix fois moins élevé qu'on ne le prévoyait. À la lumière de ces résultats, on peut donc espérer que le taux de mortalité à long terme sera beaucoup moins élevé qu'on ne l'aurait cru. Outre ces décès, on prévoit qu'il y aura plusieurs milliers de cas de cancer non fatals dans la population vivant à proximité du site de la catastrophe.

Les niveaux d'irradiation diminuent rapidement plus on s'éloigne du site; aussi, les 200 millions de personnes de l'Europe centrale et de l'Europe de l'Est qui ont été brièvement exposées au nuage radioactif de Tchernobyl n'ont absorbé que des doses d'irradiation supplémentaires relativement faibles, équivalant à peu près à celles qui ont été absorbées par la génération exposée aux retombées les plus importantes des essais d'armes nucléaires effectués dans l'atmosphère, au début des années 1960. Si, avant l'accident, le risque d'avoir un cancer au cours d'une vie était, disons, de 20 p. 100, il pourrait être maintenant de 20,005 p. 100.

2. Les répercussions socio-économiques

Les répercussions socio-économiques de la catastrophe de Tchernobyl seront aussi étendues et dévastatrices que ses conséquences sur la santé.

Il faut d'abord s'occuper des 135 000 personnes qui ont été évacuées de leurs foyers à deux heures d'avis, n'emportant avec elles qu'une valise. Il faut leur fournir des maisons, de la nourriture, des vêtements et des écoles; en fait, il faut construire des villages complets à leur intention, et dans les plus brefs délais, étant donné que l'hiver approche. Sur le plan humain, la tragédie sera lourde de conséquences. Déjà, de nombreux enfants doivent être traités parce que l'accident les a traumatisés sur le plan émotif. Des gens qui ont dû quitter leurs foyers dans le sud de la Biélorussie sont réinstallés dans de nouveaux villages dans le Nord, notamment parce qu'il y a là une pénurie de travailleurs, mais aussi parce que, au dire des autorités, on ne veut pas courir le

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

risque de les laisser réintégrer leurs foyers, situés à proximité du site du réacteur.

Sur le plan économique, l'accident a aussi été catastrophique pour l'Union soviétique. Outre ce que lui coûtera la réinstallation de 135 000 personnes, elle doit assumer des pertes de 1,9 milliard de dollars pour les dommages à la centrale elle-même et acquitter une facture de plusieurs centaines de millions de dollars pour la décontamination; elle a aussi perdu 10 p. 100 de sa capacité de produire de l'énergie nucléaire, qu'il lui faudra remplacer par de l'électricité plus coûteuse provenant de centrales alimentées au charbon. **Cette perte de production d'électricité est tellement importante que, le 1er octobre 1986, on a remis en service les unités nos 1 et 2 de la centrale de Tchernobyl et que l'unité no 3, qui partageait une salle de commande et un groupe électrogène avec l'unité détruite durant l'accident, sera remise en service vers le milieu de 1987. Cette dernière décision inquiète beaucoup les spécialistes occidentaux, mais la pénurie d'électricité est apparemment telle que les Soviétiques n'ont pas d'autre choix.** Le pays devra en outre engager des frais pour que soient modifiés tous ses réacteurs RBMK, afin d'améliorer les normes de sécurité. Les barres de commande seront dotées de nouveaux dispositifs d'arrêt de façon que la dernière section de 1,2 mètre ne puisse sortir du réacteur; l'enrichissement du combustible passera de 2 p. 100 à 2,4 p. 100, et l'on ajoutera aux réacteurs de nouveaux systèmes de noyage au moyen de liquides ou de gaz absorbant les neutrons, qui permettront de les arrêter rapidement en cas d'urgence. Enfin, on installera de nouveaux instruments pour surveiller de plus près l'état des réacteurs. Toutes ces améliorations doivent être apportées d'ici la fin de 1987.

L'Union soviétique a aussi subi des pertes sur le plan de la production agricole et pourrait être privée de précieuses terres arabes. Selon une étude américaine, l'accident de Tchernobyl coûtera au total entre 3,7 et 6 milliards de dollars américains à l'Union soviétique. Cette dernière reconnaît elle-même des pertes directes de l'ordre de 3,6 milliards de dollars américains.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Au-delà des frontières de l'Union soviétique, la catastrophe s'est traduite par des pertes de quelque 35 millions de dollars au chapitre des exportations agricoles et de 5 millions de dollars pour le tourisme en Pologne. La Hongrie indique qu'il en coûtera environ 50 millions de dollars à son économie, et plusieurs autres pays de l'Europe de l'Est signalent des pertes de plusieurs dizaines de millions de dollars.

Des pays de l'Europe de l'Ouest qui ont été survolés par le nuage radioactif de Tchernobyl, c'est la Suède qui a été le plus durement touchée, notamment en Laponie. Dans cette région, on a décelé chez les rennes des niveaux de césium tellement accrus qu'on a interdit, pour une durée de cinq ans, l'abattage de ces bêtes pour la consommation. Privés de leur gagne-pain et d'un élément de leur régime alimentaire, les Lapons voient aussi leur culture s'effondrer, car ils sont obligés de s'installer dans des villes pour toucher des prestations d'assurance-chômage de l'État. Des fosses géantes ont été creusées pour enfouir les carcasses des quelque 40 000 rennes abattus cet automne. Certains étaient porteurs de 15 000 becquerels de césium par kilogramme; en Suède, la limite acceptable est fixée à 300. **On estime que jusqu'à maintenant, l'accident de Tchernobyl a coûté 40 millions de dollars à la Suède et que la facture finale pourrait atteindre les 200 ou 300 millions de dollars.** Pour l'Allemagne de l'Ouest, la facture s'élèverait jusqu'ici à 100 millions de dollars et continuerait de grimper. Selon d'autres évaluations, les pertes pour tous les pays de l'Europe de l'Ouest atteindraient un demi-milliard de dollars.

E. Comparaison avec le CANDU

Depuis l'accident de Tchernobyl, on a publié de nombreuses comparaisons entre le RBMK et le CANDU. Les adversaires du nucléaire s'empressent de souligner leurs similitudes, tandis que les partisans sont aussi prompts à énumérer leurs différences. Nous présentons ici un résumé de tous ces arguments. Il faudra attendre que soient terminées les analyses détaillées présentement en cours pour avoir une idée exacte de la sécurité relative du CANDU à la lumière de l'accident de Tchernobyl.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Le CANDU est le réacteur commercial qui se rapproche le plus du RBMK. Leur principale caractéristique commune est la présence de tubes de force. Le coeur de la plupart des réacteurs de puissance commerciaux est renfermé dans une seule cuve sous pression en acier inoxydable épais. Par contre, dans le CANDU et le RBMK, la réaction nucléaire est confinée à l'intérieur de centaines de tubes de force d'une épaisseur de 4 millimètres. Dans un cas comme dans l'autre, les tubes de force et les gaines de combustible sont en zirconium, et les deux réacteurs utilisent cinq à six fois plus de ce métal que les réacteurs américains refroidis à l'eau ordinaire.

Cependant, l'une des particularités du zirconium est de produire de l'hydrogène s'il est soumis à de hautes températures, ce qui ne manque pas de poser un risque pour la sécurité. À Three Mile Island, en 1979, l'explosion qui a endommagé l'unité avait été provoquée par une réaction entre de l'hydrogène et de la vapeur d'eau. Au cours des jours qui ont suivi, on a constaté avec beaucoup d'inquiétude la formation d'une large bulle d'hydrogène; si celle-ci avait explosé, une plus grande partie du réacteur aurait pu être détruite, et l'enceinte de confinement aurait même risqué de se fissurer.

Les deux réacteurs partagent une autre caractéristique, soit un coefficient de vide positif. Cela signifie qu'en cas de fuite grave du fluide de refroidissement, la puissance du réacteur, la température et l'intensité du rayonnement grimperaient subitement, même si l'on interrompait en quelques secondes la réaction en chaîne dans le coeur du réacteur. La plupart des autres types de réacteurs commerciaux commencent à perdre automatiquement leur puissance en cas de fuite du fluide de refroidissement. Cependant, le CANDU comporte un excellent système informatique en ligne qui contrôle constamment l'état du coeur du réacteur. Dans le RBMK, le système de contrôle est beaucoup moins sophistiqué.

Les deux types de réacteurs ont également en commun une capacité de rechargement en marche. Contrairement à d'autres modèles en service dans le monde, ils peuvent être rechargés avec de l'uranium sans qu'il faille les arrêter complètement. On a fait remarquer que l'explosion

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

initiale survenue à Tchernobyl a démoli le lourd portique de rechargement situé au sommet du réacteur, endommageant les conduites du système de refroidissement d'urgence. La même chose ne pourrait se produire dans un réacteur CANDU, puisque les tubes de force sont dans une position horizontale, et non verticale comme c'est le cas pour le RBMK; le chargement est donc effectué à l'avant et non au sommet du réacteur.

Les partisans du CANDU disent que si les deux types de réacteurs comportent des similitudes, il existe également entre eux des différences fondamentales, la plus importante étant l'absence de graphite dans le CANDU. On y utilise de l'eau lourde pour modérer la réaction en chaîne et, contrairement au graphite, l'eau lourde ne s'enflamme pas. À Tchernobyl, c'est l'incendie du graphite entourant le coeur du réacteur qui a continué à libérer des produits de fission hautement radioactifs pendant presque trois semaines après l'explosion initiale. Pour ce qui est du CANDU, même si aucun fluide ne refroidissait le combustible (ce qui est fort improbable mais pas impossible), le modérateur pourrait contribuer à dissiper l'excès de chaleur et empêcher ainsi la fusion du coeur du réacteur. En outre, l'eau présente dans l'enceinte de confinement dissoudrait certains composés radioactifs tels l'iodure de césium, les empêchant de s'échapper. Or, il n'y a pas de modérateur d'eau lourde ni d'enceinte de confinement dans le RBMK.

Cette absence d'une épaisse enceinte de confinement en béton dans le RBMK constitue une autre différence fondamentale entre les deux types de réacteurs. Malgré tout, les adversaires du nucléaire soutiennent qu'une forte explosion d'hydrogène pourrait tout de même ouvrir une brèche dans une telle enceinte. Outre cette enveloppe de béton, les centrales à plusieurs unités exploitées par l'Hydro-Ontario possèdent un système unique de confinement par le vide conçu pour aspirer les gaz radioactifs qui pourraient s'échapper accidentellement et les retenir jusqu'à ce qu'ils ne présentent plus aucun danger.

Enfin, si le coeur du réacteur était gravement endommagé, la réaction en chaîne du combustible ne pourrait reprendre comme cela est possible pour le RBMK, puisque le CANDU est alimenté par de l'uranium naturel et non par de l'uranium légèrement enrichi.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'ultime argument des adversaires du nucléaire, c'est que si tous les systèmes de sécurité du CANDU tombaient en panne ou étaient simultanément mis hors service par les techniciens, il se produirait une explosion catastrophique qui libérerait des doses massives de radioactivité. On fait valoir que la centrale électronucléaire de Pickering, située tout près d'une ville de plus de deux millions d'habitants, pourrait être le lieu d'un tel désastre. Il est presque impossible d'imaginer comment on pourrait évacuer en bon ordre une telle population, et les plans qui existent maintenant à cet égard sont insuffisants. En URSS, grâce à la centralisation des autorités de planification et à la rareté relative des voitures particulières, qui auraient pu nuire à l'évacuation en encombrant les routes, on a pu évacuer plus de 130 000 personnes assez rapidement. Qu'arriverait-il dans la région de Toronto si un grave accident survenait à Pickering?

Pour leur part, les défenseurs de l'énergie nucléaire soutiennent que le modèle CANDU présente des garanties à toute épreuve, puisqu'il dispose d'un grand nombre de systèmes de sécurité redondants et d'un personnel d'exploitation très bien formé. D'après eux, il est inconcevable que les techniciens du CANDU se comportent comme ceux de Tchernobyl et stoppent simultanément tous les dispositifs de sûreté et de secours en cas d'urgence.

CHRONOLOGIE

26 avril 1986 - Une explosion a lieu à l'unité n° 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl en URSS. L'explosion endommage le réacteur et allume des incendies. Le coeur de graphite de réacteur commence à brûler.

27 avril 1986 - Vingt-cinq mille personnes habitant dans un rayon de 10 kilomètres autour de la centrale sont évacuées.

28 avril 1986 - Les autorités de la Suède, de la Finlande et du Danemark signalent des taux de radioactivité anormalement élevés dans l'atmosphère et demandent des explications aux autorités soviétiques.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHEQUE DU PARLEMENT

29 avril 1986 - L'Union soviétique reconnaît officiellement qu'un accident a eu lieu à la centrale de Tchernobyl et que deux personnes sont mortes et 197 autres hospitalisées.

2-4 mai 1986 - Cent mille personnes habitant dans un rayon de 38 kilomètres autour de Tchernobyl sont évacuées.

5 mai 1986 - L'intensité du rayonnement dans la zone de 38 kilomètres tombe de 10-15 à 2-3 millirems par heure. Le fond naturel de rayonnement serait d'environ 0,01 millirem par heure.

9 mai 1986 - L'incendie du graphite dans le coeur du réacteur est enfin maîtrisé.

15 mai 1986 - Les écoles de Kiev sont fermées pendant plusieurs semaines. On envoie les enfants dans des camps d'été.

3 juin 1986 - Aux dernières nouvelles, 23 personnes seraient mortes du mal des rayons, sans compter les deux personnes tuées par l'explosion initiale. En outre, 299 autres personnes seraient gravement atteintes du mal des rayons, dont 30 dans un état critique.

25 août 1986 - L'Union soviétique présente un rapport technique sur l'accident de Tchernobyl à la conférence de l'AIEA à Vienne. L'accident est attribué à une série de graves infractions aux règlements: absence de contrôle par les organismes responsables, irresponsabilité, négligence et indiscipline.

29 août 1986 - L'AIEA termine sa conférence en présentant 13 propositions pour améliorer la sécurité des centrales nucléaires. Un groupe consultatif international est chargé d'étudier les données présentées à la conférence et d'en faire rapport à l'AIEA.

1er octobre 1986 - Remise en service des unités nos 1 et 2 de la centrale de Tchernobyl.

milieu de 1987 - Les Soviétiques espèrent pouvoir remettre en service l'unité no 3 de la centrale de Tchernobyl, située à seulement 150 mètres du réacteur endommagé avec lequel elle partage une salle de commande.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

1. Begley, S., "The 20th Century Plague", Newsweek, 12 mai 1986.

2. Comité d'État de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique, L'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl et ses conséquences, documentation établie pour la réunion d'experts de l'AIEA, 25-29 août 1986, Vienne, parties I et II (Bibliothèque du Parlement Br. V. TK1362/S65/A35f).

3. Donnelly, W. et al., "The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response", Major Issue System, Issue Brief #1886077, Congressional Research Service, Washington, D.C., 16 septembre 1986.

4. Rippon, S. et al., "The Chernobyl Accident", Nuclear News, juin 1986.

5. Wellborn, S.N., "Lifting the Lid on Chernobyl's Secrets", U.S. News and World Report, 8 septembre 1986.

6. Wilson, R., "What Really Went Wrong", Nature, vol. 323, 4 septembre 1986.